6/5

Audio/HiFi

Table des matières

6/5.1 Magnétophones et magnétocassettes — Conception et fonctionnement
6/5.1.1 Principe de base
6/5.1.2 Schéma synoptique
6/5.2 Mécanisme
6/5.3 Appareils de mesure et de contrôle
6/5.4 Détection des pannes
6/5.5 Les pannes les plus fréquentes
6/5.6 Interventions du professionnel
6/5.7 Réglages
6/5.8 Schéma type
6/5.9 Microphones

6/5.1

Magnétophones et magnétocassettes Conception et fonctionnement

La fonction d'un magnétophone est de conserver le son, transformé en signaux électriques, sur bande magnétique et de le restituer, à la demande, d'une manière aussi fidèle que possible. Les exigences auxquelles doit répondre un appareil Hi-Fi sont fixées par la norme DIN 45 500.

Tableau I : Exigences pour magnétophones selon la norme DIN 45500

Variations de vitesse en 30 secondes	+ 1,5%
Fluctuations de vitesse	± 0,2%
Bande passante minimale	40 à 12500 Hz
Distorsion harmonique à 333 Hz à pleine modulation	3%
Rapport signal/bruit à pleine modulation	56 dB
Rapport de modulation de 10 kHz à 333 Hz	15 dB
Diaphonie entre canaux stéréo 500-6300 Hz	15 dB
Efficacité d'effacement	60 dB

5.1 Magnétophones et magnétocassettes
Conception et fonctionnement

6/5.1.1

Principe de base

Les ondes sonores, transformées en ondes électriques, sont converties en champs magnétiques par un électro-aimant appelé tête magnétique. Cet aimant est composé d'une bobine excitatrice et d'un noyau annulaire. Pour que les champs magnétiques puissent s'échapper du noyau, celui-ci a été percé d'une fente que l'on nomme entrefer. On fait passer la bande magnétique, à vitesse constante, devant cette fente. Les champs pénètrent dans la bande et la magnétisent.

L'intensité des parties aimantées mesure le volume sonore et leurs variations, observées sur une certaine longueur, déterminent la fréquence du son. Aux fréquences élevées se produit un phénomène limite : lorsque la longueur d'onde de la fréquence est égale à la largeur de l'entrefer, les deux alternances (positive et négative) s'annulent mutuellement. La fréquence limite est donc déterminée par la vitesse de défilement et la largeur de l'entrefer. C'est pourquoi les enregistrements de qualité s'effectuent à des vitesses de défilement de 19 cm/s, alors que les appareils de studio vont jusqu'à 38 cm/s. Pour la lecture, le processus est inverse. La bande défile devant la tête magnétique et les champs magnétiques induisent, par l'entrefer, un flux magnétique dans le noyau. Ce qui produit une tension dans la bobine qui, à travers un amplificateur-correcteur, est transformée en son par le haut-parleur. De nombreux magnétophones disposent de têtes séparées pour l'enregistrement et la lecture, mais des têtes combinées qui remplissent les deux fonctions équipent généralement les magnétocassettes.

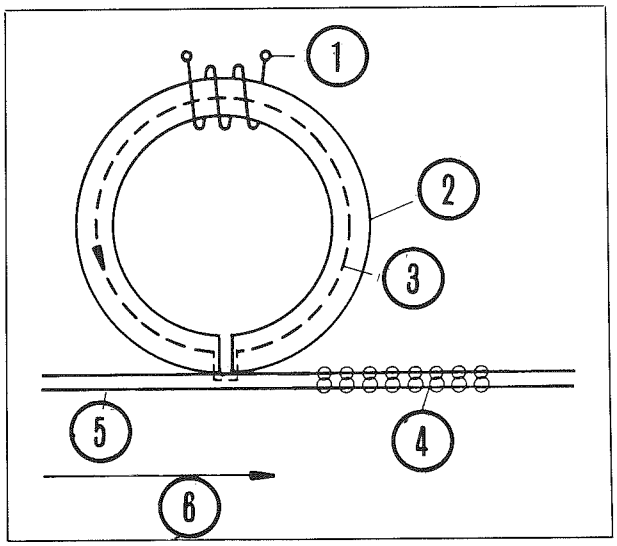

Fig. : Principe de la tête magnétique en contact avec la bande.

1 Signal électrique
2 Tête magnétique
3 Lignes de force magnétique
4 Aimantation
5 Bande magnétique
6 Sens du déplacement

Pour permettre l'effacement d'un enregistrement, on dispose d'une tête d'effacement. Celle-ci produit un champ magnétique intense qui oriente les particules magnétiques de la bande. Il existe deux procédés, l'effacement par courant continu et l'effacement par haute fréquence. Dans le premier cas, la tête d'effacement est un électro-aimant qui produit un champ magnétique constant, et la bande est aimantée dans un seul sens. Cette méthode est utilisée pour les machines à dicter. Dans l'autre cas, la tête produit un champ alterné dont la fréquence est nettement plus élevée que la fréquence limite supérieure (environ 30 à 100 kHz). Après effacement, les particules de la bande ne sont pas orientées et la bande n'est pas aimantée.

■

5.1 Magnétophones et magnétocassettes
Conception et fonctionnement

6/5.1.2

Schéma synoptique

Un schéma synoptique qui s'appliquerait à la fois aux appareils à bande et à cassette, ainsi qu'aux matériels bas de gamme et aux appareils professionnels, ne peut bien entendu être envisagé. Le but de la description qui suit est de rendre compréhensible le foncionnement de la technique du son magnétique.

Pour l'effacement (démagnétisation) de la Bande pendant l'enregistrement, la couche magnétique traverse le champ magnétique à haute fréquence de la tête d'effacement avant de parvenir, dans le sens du défilement, devant la tête d'enregistrement. Ce champ est produit par la forte tension haute fréquence qui est engendrée par le générateur HF, et qui s'applique à la tête d'effacement. Le générateur fonctionne à une fréquence (30 à 100 kHz) constante, généralement déterminée par un circuit oscillant. Lors de l'enregistrement d'émissions radiophoniques (surtout en ondes longues et moyennes (GO et PO)), des interférences peuvent se produire entre harmoniques de l'oscillateur d'effacement et fréquence porteuse de l'émetteur, et créer des sifflements sur la bande. C'est pour cette raison que nombre d'appareils comportent un commutateur permettant de modifier légèrement la fréquence d'oscillation. Sur les appareils à effacement par courant continu, il n'y a pas de générateur. Le courant qui passe dans la tête d'effacement est limité par une résistance en série.
Pour l'enregistrement, l'information (le son) doit être transformée en champ magnétique afin de magnétiser durablement la bande C'est la tâche de la tête d'enregistrement. On applique le signal basse fréquence à sa bobine. Comme l'intensité du champ dépend non seulement du nombre de spires et des grandeurs magnétiques mais aussi du courant dans la bobine, cela ne va pas sans problèmes. Selon la fréquence, le courant dans la bobine produit par une tension déterminée n'est pas constant (courbe de réponse en oméga). Cet effet est compensé par l'amplificateur-correcteur qui attaque la tête, et la tension d'enregistrement croît alors avec la fréquence. De même, la magnétisation de la bande ne doit pas rester constante dans la totalité du spectre sonore, afin d'exploiter la bande de façon optimale. C'est encore l'amplificateur-correcteur qui satisfait de telles exigences.

La tête d'enregistrement pose un autre problème. A cause des propriétés des matériaux utilisés, les caractéristiques magnétiques de la tête et de la bande varient en fonction de la modulation appliquée. C'est pourquoi le point de fonctionnement doit être placé sur une portion aussi rectiligne que possible de la caractéristique (boucle d'hystérésis). On y parvient à l'aide d'une polarisation (prémagnétisation), en ajoutant une petite partie de la tension haute fréquence du générateur d'effacement au signal audiofréquence. A cause de la largeur d'entrefer et de la fréquence limite supérieure qui en résulte, ce signal additionnel n'est pas enregistré sur la bande. Les appareils bon marché utilisent un courant continu, tout comme pour l'effacement, ce qui comporte quelques inconvénients.

A la lecture, la bande aimantée produit dans la tête de lecture un flux magnétique variant au rythme de l'audiofréquence. La tension induite dans la bobine de la tête varie malheureusement en fonction de la fréquence du signal considéré. C'est pour-

5.1 Magnétophones et magnétocassettes
Conception et fonctionnement

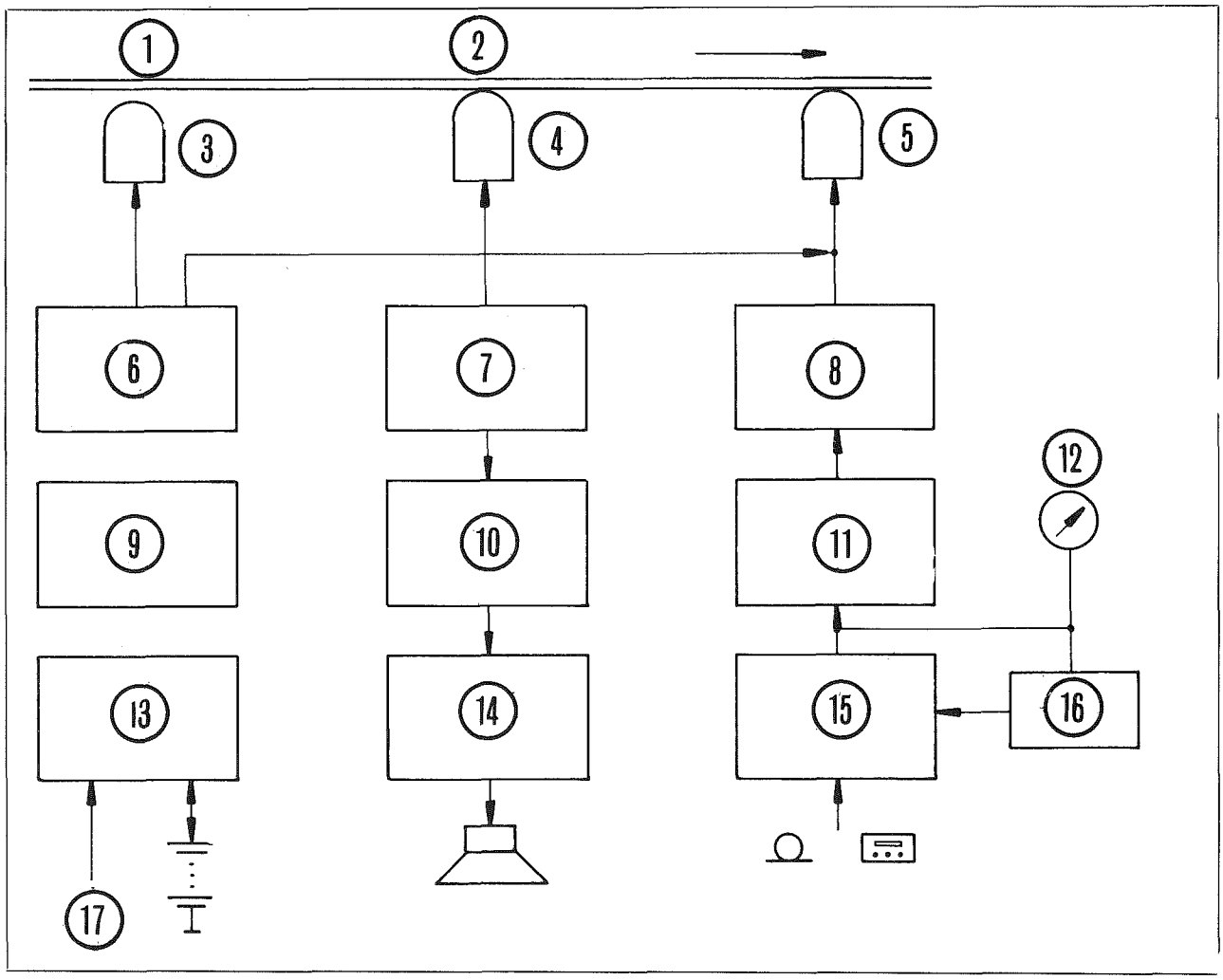

Fig. 2 : Schéma synoptique d'un magnétophone

1 Bande magnétique
2 Sens du défilement
3 Tête d'effacement
4 Tête de lecture
5 Tête d'enregistrement
6 Générateur HF (n'est en service que pour l'enregistrement
7 Amplificateur-correcteur
8 Amplificateur-correcteur
9 Commande
10 Système de réduction du souffle
11 Système de réduction du souffle (seulement sur les systèmes complémentaires)
12 Indicateur de niveau
13 Alimentation, charge de batteries, circuits de stabilisation
14 Ampli. de puissance
15 Ampli. d'entrée
16 Régulation
17 Secteur

quoi il faut procéder à une correction de fréquence, à l'aide de l'amplificateur-correcteur.

Les amplificateurs basse fréquence, tant à l'enregistrement qu'à la lecture, assurent l'adaptation des impédances au haut-parleu

et aux entrées commutables. Des parties de ces amplificateurs sont fréquemment utilisées pour les deux tâches, à l'aide de commutations adéquates. Pour que la bande reçoive la même modulation malgré des niveaux d'enregistrement variables, il faut prévoir une possibilité de réglage sur l'amplificateur d'enregistrement. Ce réglage peut être manuel ou automatique. Dans le premier cas, une commande s'effectue à l'aide d'un potentiomètre qui suit les mouvements de l'aiguille (ou du ruban lumineux) de l'indicateur de niveau. Dans le second cas, un étage de régulation mesure le signal et forme une tension de commande qui assure la modulation correcte. La plupart du temps, les magnétophones à bandes peuvent être commutés pour les deux méthodes.

Afin d'améliorer le niveau signal/bruit, les appareils haut de gamme comportent souvent un système de réduction du bruit. Il existe un nombre important de systèmes. Fondamentalement, on distingue entre deux groupes, les complémentaires et les non complémentaires. Les systèmes complémentaires agissent sur le signal à l'enregistrement et à la lecture. Une bande ne peut être reproduite sans distorsion à l'aide de ce système que si elle a été enregistrée avec lui. Les systèmes non complémentaires, par contre, n'agissent qu'à la lecture. Nous ne décrirons pas ici la constitution de ces systèmes. La base du fonctionnement réside dans le fait que le souffle est surtout gênant dans les fréquences aiguës à faible niveau (à partir d'environ 4 kHz). Pour réduire le souffle, on renforce le gain en fonction de la fréquence. Les sons faibles et à fréquence élevée sont amplifiés à l'enregistrement, puis réduits à la lecture (compression et expansion de dynamique).

Les appareils stéréophoniques effectuent deux fois l'enregistrement et la lecture, afin de pouvoir traiter les deux canaux séparément. Pour cela, les têtes magnétiques comportent deux systèmes distincts dans un même boîtier. Souvent, les appareils à bandes comportent une possibilité de commutation, permettant d'utiliser les deux canaux séparément pour des enregistrements monophoniques successifs. Un dispositif de commande veille au bon déroulement des diverses fonctions. Les freins, électro-aimants et embrayages électriques existant sur divers appareils sont commandés par ce dispositif. Si les appareils fonctionnent avec des moteurs à courant continu, il faut prévoir une régulation de vitesse. Les arrêts en fin de bande, qui réagissent à la piste métallisée de l'amorce de bande ou à la traction sur la bande, font partie du dispositif de commande.

L'alimentation est destinée à fournir, à partir du secteur ou des piles, les diverses tensions d'alimentation (dont certaines sont stabilisées) des divers sous-ensembles. ■

6/5.2

Mécanisme

La bonne marche et la qualité d'un magnétophone à bandes ne dépendent pas seulement des circuits électriques et électroniques, mais aussi de la construction mécanique. Un défilement régulier et à vitesse constante de la bande, un guidage précis de la bande et un fonctionnement très silencieux de chaque élément sont déterminants. La réalisation des systèmes mécaniques est très variée. Les commandes peuvent agir par voie mécanique, avec action directe des touches sur les pièces voulues par l'intermédiaire de leviers, ou par des touches électriques, avec une électronique de commande et des électro-aimants. L'entraînement est assuré par un moteur qui sera soit à courant continu, soit pas-à-pas, soit synchrone, soit asynchrone. Les diverses pièces mobiles sont soit entraînées par un seul moteur avec des commutations et des transmissions, soit par plusieurs moteurs commandés individuellement. Nous allons décrire le fonctionnement de base, sans entrer dans les détails des diverses versions.
Le mécanisme est destiné, pour l'enregistrement comme pour la lecture, à faire passer la bande magnétique de la bobine de gauche vers celle de droite, en la faisant défiler devant les têtes magnétiques, l'enroulement à droite devant être bien régulier. Afin de pouvoir sélectionner rapidement un passage déterminé, il faut disposer des fonctions "marche rapide avant" et "marche rapide arrière" ou "rembobinage". Pour éviter une usure inutile des têtes magnétiques, la bande est maintenue à l'écartée des têtes pendant ces mouvements rapides.

A l'enregistrement et à la lecture, c'est le cabestan qui détermine la vitesse de défilement. Le volant qui lui est associé interdit les fluctuations rapides de la vitesse. L'entraînement se fait généralement à partir du moteur par l'intermédiaire d'une courroie. La bande est appuyée contre le cabestan par un galet-presseur en caoutchouc, bien équilibré, de sorte que c'est le diamètre du cabestan et sa vitesse de rotation qui déterminent la vitesse de défilement. Il est évident que le plateau de gauche ne doit pas offrir de résistance, afin que le ruban se débobine sous l'effet de la traction due au cabestan. Le plateau de droite doit embobiner la bande avec une légère traction. De plus, la vitesse de rotation du plateau doit se moduler en fonction du diamètre de l'enroulement (vitesse maximale pour le plateau vide). Pour cela, le plateau de droite est entraîné par l'intermédiaire d'un embrayage à friction. Le guidage veille à ce que la bande passe toujours devant les têtes à la bonne hauteur. Le feutre-presseur maintient l'écart entre la bande et la surface des têtes à un niveau très faible.

5.2 Mécanisme

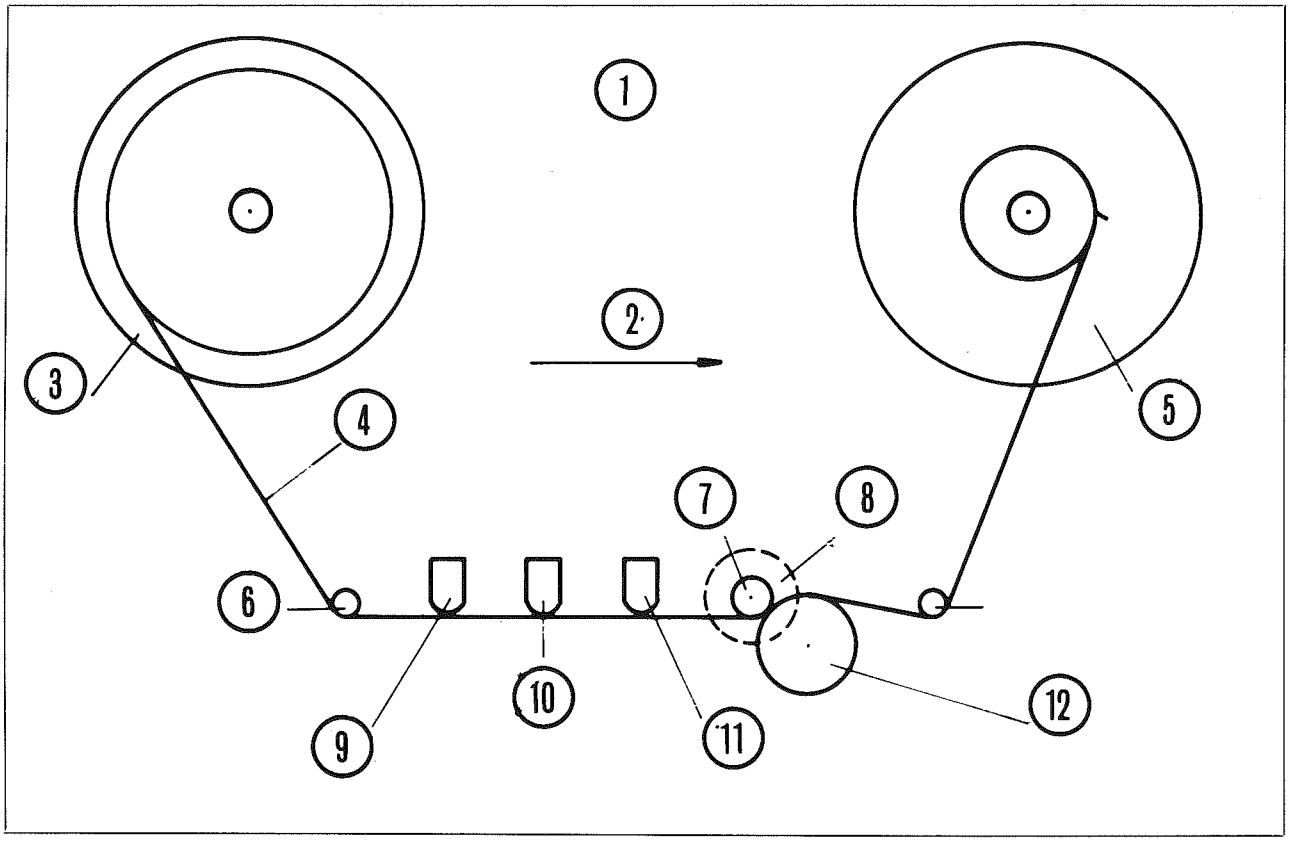

Fig. 1 : Mécanisme de défilement sur un appareil à bande

1 Appareil à bobines
2 Sens du défilement
3 Plateau de gauche
4 Bande magnétique
5 Plateau de droite
6 Guidage de la bande
7 Cabestan
8 Volant
9 Tête d'effacement
10 Tête d'enregistrement
11 Tête de lecture
12 Galet-presseur

Pour les défilements rapides, l'un des plateaux, selon le sens, est entraîné très rapidement par le moteur. L'autre bobine tourne à cause de la traction subie par la bande. Pour que le plateau entraîné enroule régulièrement et fermement la bande, le plateau "tiré" peut être légèrement freiné afin d'assurer une traction déterminée. Ce qui s'effectue souvent par des patins de feutre sur les plateaux. Lors du passage du bobinage rapide à l'arrêt, ou à une autre fonction, les deux plateaux doivent être fortement freinés, pour que les bobines s'arrêtent immédiatement. On augmente donc la force appliquée aux feutres. Sur les appareils haut de gamme, la traction de la

5.2 Mécanisme

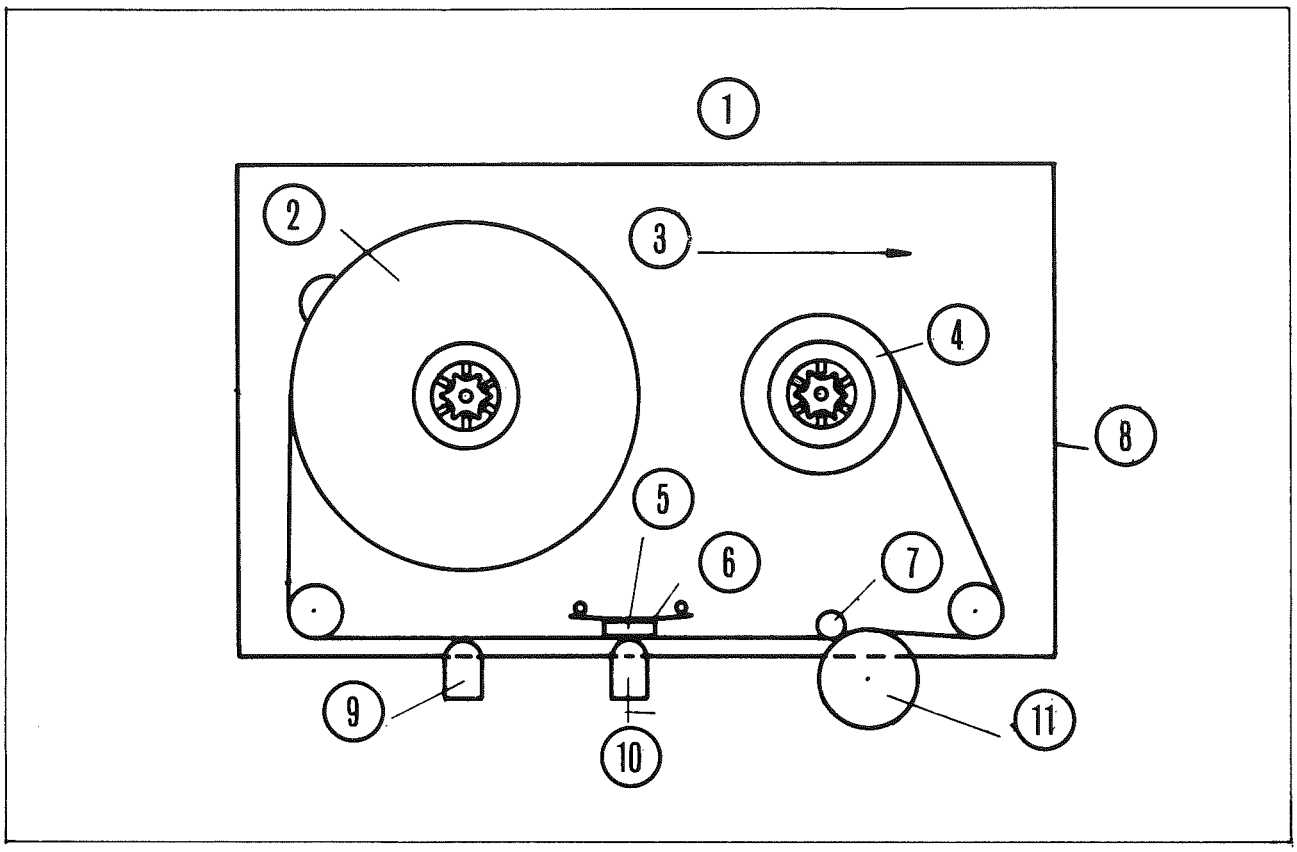

Fig. 2 : Mécanisme de défilement sur un appareil à cassette

1 Appareil à cassette
2 Bobine de gauche
3 Sens du défilement
4 Bobine de droite
5 Feutre-presseur sur lame électrique
6 Lame élastique
7 Cabestan
8 Cassette
9 Tête d'effacement
10 Tête combinée
11 Calet-presseur

bande est régulée par un frein à levier-palpeur.

La protection contre les effacements accidentels et la commutation automatique du type de bande sont commandées par des palpeurs qui réagissent à des codes situés au dos des cassettes. Sur les appareils à bandes, cette possibilité n'existe pas.

La commutation des diverses vitesses de défilement est généralement effectuée par le déplacement d'un galet caoutchouté sur les différents diamètres de l'axe du moteur.

■

6/5.3

Appareils de mesure et de contrôle

Pour la recherche des pannes ou des fautes sur le trajet du signal, un signal-tracer donne de bons résultats.

Pour la mesure et le réglage de la vitesse de défilement, il existe plusieurs méthodes. Les mesures précises se feront avec un fréquencemètre d'au moins 0,1% de précision à 1 kHz, en liaison avec une cassette étalon sur laquelle est enregistrée une fréquence constante (1 kHz).

Pour vérifier le fonctionnement de l'oscillateur HF, on utilise un oscilloscope simple (monocanal). On peut aussi se servir d'un voltmètre ayant une bande passante suffisante (jusqu'à 100 kHz). La précision de ces appareils n'est pas critique (10%).

Beaucoup d'appareils à bandes ne comportent pas d'amplificateur de puissance, ni de haut-parleur. Un amplificateur externe est donc nécessaire pour les vérifications. Un récepteur radio à prise magnétophone est très commode, sa partie BF étant accessible.

Les vérifications de fonctionnement nécessitent l'emploi de diverses cassettes et bandes. Une bande sur laquelle sont effectués des enregistrements de haute qualité sert à la vérification de la fonction lecture. Pour des essais d'enregistrement, il faut disposer de bandes vierges. Les réglages s'effectuent à partir de bandes étalons, achetées ou réalisées à l'aide d'un appareil professionnel. ■

6/5.4

Détection des pannes

On peut distinguer deux types de pannes, celles d'origine mécanique et celles d'origine électrique.

Celles affectant les parties mécaniques seront le plus souvent décelées en examinant de près les bruits parasites, en vérifiant la force d'entraînement des pièces mobiles, ou en prenant en mains l'appareil. La plupart du temps, les pièces en caoutchouc sont usées, les paliers ovalisés ou les pièces en plastique cassées.

Les défauts des sous-ensembles électriques peuvent être identifiés en mesurant les tensions dans l'alimentation, le générateur HF et les étages amplificateurs. Le trajet du signal BF peut être vérifié avec un signal-tracer. De l'entrée de l'étage à vérifier jusqu'à l'emplacement de la panne, cet appareil permet de vérifier en chaque point la présence, la valeur et les distorsions du signal audiofréquence.

■

6/5.5

Les pannes les plus fréquentes

Nous décrivons ci-après quelques défauts typiques des magnétophones à bandes. Cette énumération ne doit pas être considérée comme un guide de dépannage, mais elle est destinée à mettre en évidence la relation entre le symptôme et les différents sous-ensembles. Les désignations des composants se rapportent au schéma-type du chapitre 6/5.8.

Souvent, les pannes se situent dans la partie mécanique de l'appareil. Des salissures, ou des caoutchoucs raidis, en sont fréquemment la cause. La plupart de ces défauts peuvent être éliminés en nettoyant le caoutchouc avec de l'alcool à brûler, et les pièces métalliques avec de la benzine.

Fluctuations ("Pleurage")
Fonction défectueuse : défilement irrégulier.
Cause possible : moteur, régulation du moteur (p. ex. IC), palier du cabestan, cassette, pièces en caoutchouc.

Mauvaise reproduction des aiguës
Fonction défectueuse : contact bande-tête magnétique.
Cause possible : feutre de pression, tête encrassée, tête usée, guidage de bande.

La bande s'enroule autour du galet-presseur
Fonction défectueuse : défilement de la bande.
Cause possible : cassette défectueuse, plateau de droite, embrayage à friction.

L'appareil n'efface pas lors de l'enregistrement
Fonction défectueuse : tête d'effacement et son attaque.
Cause possible : tête d'effacement (K2), source d'alimentation (R 18, SK 1).

Pas d'enregistrement (lecture satisfaisante)
Fonction défectueuse : amplificateur d'enregistrement.
Cause possible : commutateur enregistrement/lecture, étage d'entrée (TS1, B44, (R1), régulation du gain (IC1C), circuit correcteur (R8).

Enregistrement distordu (lecture satisfaisante)
Fonction défectueuse : prémagnétisation.
Cause possible : R7.

Enregistrement et lecture avec distorsion
Fonction défectueuse : alimentation ou amplificateur commun aux deux fonctions.
Cause possible : D101, R14, IC1a.

Ronflement secteur (50 ou 100 Hz-signal parasite dans le haut-parleur)
Fonction défectueuse : alimentation.
Cause possible : D101, D102, C19. ■

6/5.6

Interventions du professionnel

Quelques-uns des réglages prescrits par les documents du constructeur nécessitent des appareils spéciaux très onéreux (p. ex. distorsiomètre, calibres de réglages, etc.). Leur achat ne serait pas rentable pour l'amateur. Même le simple remplacement de composants éventuellement défectueux entraîne des frais et donne rarement le résultat souhaité. Dans de tels cas, il est instamment conseillé de s'adresser à un professionnel.

■

6/5.7

Réglages

Ces interventions s'effectuent selon les indications du constructeur. Il faut préalablement vérifier l'appareil, remplacer les pièces usées, éliminer les salissures et les particules de bande et nettoyer les têtes magnétiques.

Les réglages de la prémagnétisation, des alimentations et des amplificateurs ne peuvent se faire que d'après les indications du constructeur. Il est impossible de donner une description générale et universelle, ces travaux étant très différents selon les appareils et les constructeurs.

Il existe plusieurs possibilités de réglage de la vitesse de défilement. Nous allons décrire la plus précise. Sur l'appareil à vérifier on reproduit une bande enregistrée avec un signal de fréquence constante (env. 1 kHz). On peut alors mesurer la fréquence ainsi reproduite à la prise haut-parleur. Le rapport entre la fréquence mesurée et la fréquence originelle avec laquelle on avait enregistré la bande correspond à l'erreur de vitesse. L'ajustable correspondant des circuits de régulation du moteur permet alors d'amener cette vitesse à sa valeur nominale.

L'entrefer de la tête magnétique doit être exactement perpendiculaire à la bande si on veut que la bande passante soit optimale. Une vis de réglage (voir instructions de service) permet de l'ajuster. On lit une bande portant l'enregistrement d'une fréquence relativement élevée (env. 3 kHz). A l'aide d'un millivoltmètre BF ou d'un oscilloscope, on mesure le volume sonore à la sortie. Si l'appareil dispose d'un indicateur de niveau, on peut également l'utiliser. On règle alors la vis pour obtenir la déviation maximale. ■

6/5.8

Schéma-type

Le schéma (page 2) reproduit la partie électrique d'un magnétocassette simple. L'appareil est conçu pour fonctionner avec des piles et sur secteur, il utilise le système d'effacement à courant continu, et comporte un haut-parleur ainsi qu'un microphone incorporés. Le moteur à courant continu assure toutes les fonctions et il est commandé par un système de régulation.

Le transformateur secteur T101 fournit, par le redresseur à double alternance formé des diodes D101 et D102 et le condensateur C19, la tension d'alimentation +1. Le commutateur couplé à la fiche secteur sert d'inverseur pour le fonctionnement sur piles. Les tensions +2 et +3 sont obtenues à partir de + 1 à travers des cellules de filtrage supplémentaires.

IC2 fonctionne comme source de courant constant, réglable par R20, et assure la vitesse constante du moteur N1.

Pour la lecture, la tête combinée est commutée à l'entrée de l'amplificateur BF IC la. R13 assure la commande du volume. IC 1b sert d'amplificateur de puissance pour le haut-parleur.

Pour l'enregistrement, IC 1a devient amplificateur BF pour les entrées (B44 et microphone). Le transistor TS1 sert de pré-amplificateur pour le microphone M1. IC 1b régule le gain (commande de niveau) automatiquement. Pour la prémagnétisation, R7 produit un courant continu dans la tête combinée K1. ■

5.8 Schéma type

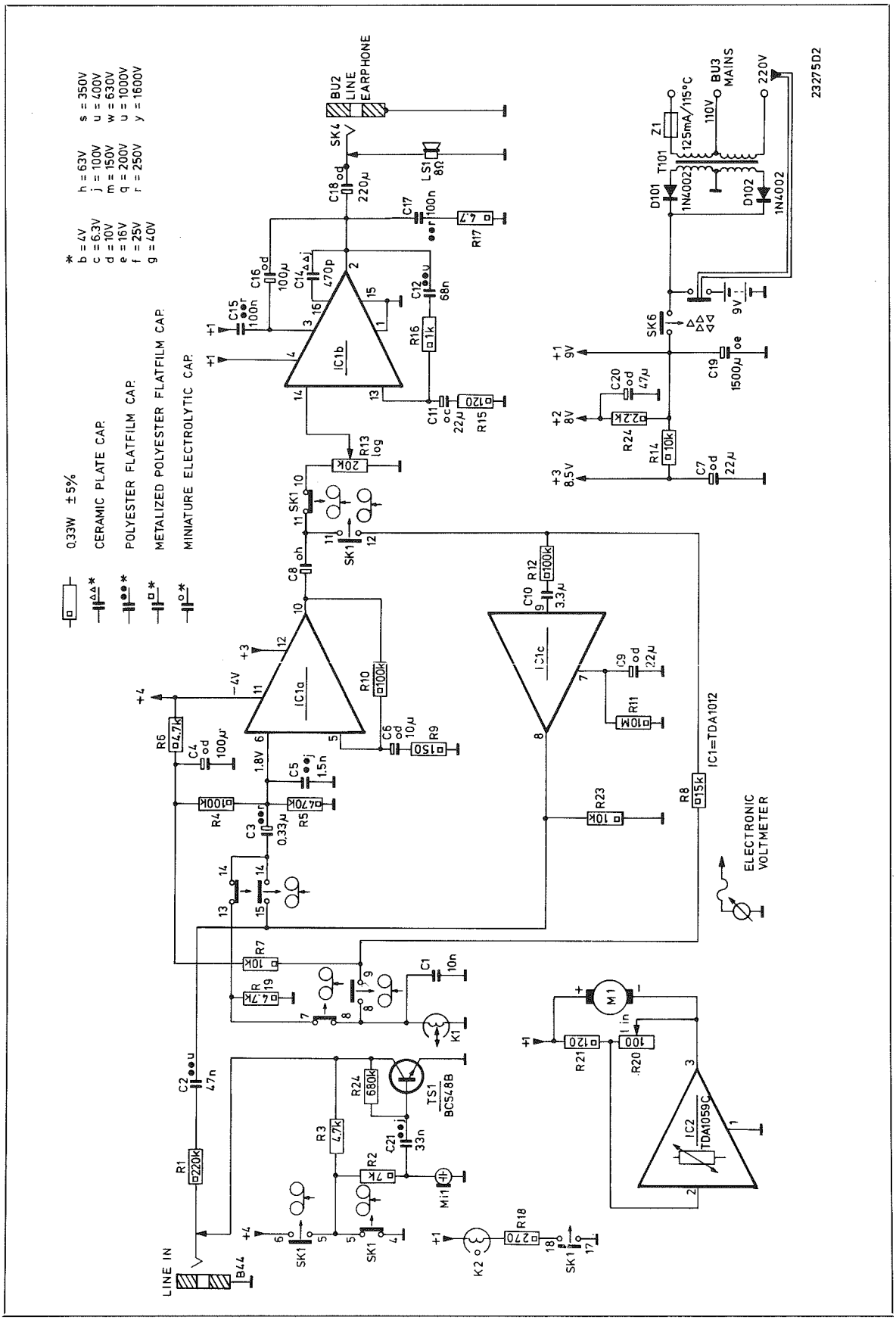

Fig. 1 : Schéma-type d'un magnétocassette simple.

6/5.9

Les microphones

Les microphones sont utilisés en liaison avec des amplificateurs, des magnétophones ... pour effectuer des prises de son. Pour bien les utiliser et éventuellement les réparer, il est important d'en connaître les principes de fonctionnement.
Les microphones transforment le son en signal électrique. Il y en a de toutes sortes. Ils se différencient les uns des autres tant par leur composition que par leurs caractéristiques et leurs utilisations. Nous allons détailler ces différences.

Condition exigée

Quelle que soit leur utilisation, le rôle des microphones est toujours le même, transformer un signal acoustique: bruit, son, musique ... en un signal électrique qui lui corresponde, de façon à pouvoir ensuite traiter cette information électrique. Pour que la relation entre le son produit et le son enregistré soit correcte, il faut que le fonctionnement du micro soit linéaire, qu'il ne produise pas de distorsion et qu'il ait un effet directionnel. Par exemple dans le cas d'un enregistrement sur scène, le bruit de fond est très important; il faut que le micro soit très directionnel pour ne pas enregistrer tous les bruits de fond. De la même façon, l'effet stéréophonique qui permet de restituer un son proche du réel n'est possible que par la combinaison d'enregistrements effectués avec des micros directionnels placés en des endroits différents.
Les sons sont une vibration de l'air; ceux à enregistrer peuvent varier entre 2^{-10} bar (niveau sonore minimal perceptible par l'oreille) et 2^{10} bar (seuil de douleur pour l'oreille). Mais généralement la prise de son n'a lieu que dans une plage d'intensité sonore limitée. Le micro doit être choisi pour que dans cette plage sa dynamique soit correcte et que le signal électrique produit n'arrive pas à saturation.
Le principe de fonctionnement des microphones est toujours le même. La pression exercée par le son (déplacement d'air) fait vibrer une membrane. Cette vibration mécanique est

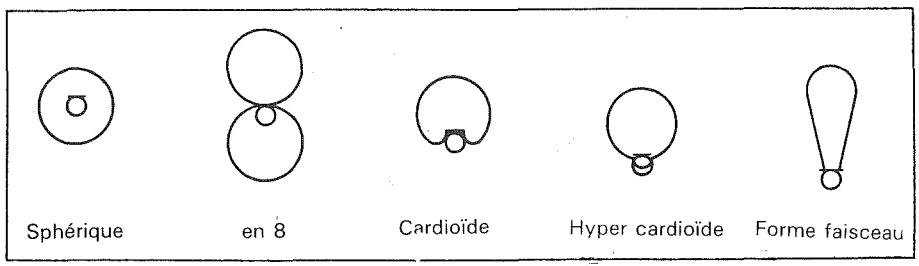

Fig.1 : Différents espaces de prise de son en fonction du micro employé

ensuite transformée en une vibration électrique (le procédé inverse constitue un haut-parleur). Il faut que la fréquence et l'amplitude du signal électrique soient en rapport direct avec celles du signal mécanique pour que le son enregistré ne soit pas déformé. Cette relation n'est souvent possible que dans une plage de fréquence limitée. Les micros utilisés pour les téléphones par exemple fonctionnent de 500 à 4000 Hz. Certains microphones à ultra-sons, eux, ne fonctionnent qu'au voisinage de 20 kHz.
Il est également important de veiller à ce que les caractéristiques du micro (tension et courant de sortie, résistance interne ...) soient conformes à celles de l'appareil sur lequel il est connecté.

Microphone à grenaille (Fig. 2)

Ce type de microphone transforme le son en une variation de résistance. L'espace entre deux électrodes est rempli avec des grains de charbons. Ces grains vont être comprimés par la membrane sous l'effet de la pression exercée par le son. Il en résulte une modification de la valeur de la résistance du montage. Si l'on applique une source de tension continue aux bornes de l'ensemble (grenaille et bobine de couplage), la variation de la résistance de la grenaille va provoquer une variation du courant traversant le montage et en particulier le bobinage L1. Par conséquent il en résultera une variation de la tension induite recueillie aux bornes de L2.
Ces microphones sont d'un prix de revient relativement faible, malheureusement ils ont une bande passante médiocre et un niveau de bruit et de distorsion assez important. C'est une technologie qui est maintenant dépassée et n'est guère utilisable que pour des prises de son « bas de gamme ».

Microphone piézo-électrique (Fig. 3)

La membrane du microphone est rendue solidaire d'une tranche de cristal (généralement du quartz) sur les faces duquel ont été rapportées deux électrodes. Sous la pression du son, la membrane va vibrer et imprimer au cristal une vibration de fréquence et d'amplitude égale à la sienne. Cette vibration mécanique va, sous l'effet du phénomène piézo-électrique, produire un signal électrique qui peut être récupéré sur les électrodes.
Ces microphones ont une impédance capacitive de l'ordre du mégohm. C'est pourquoi ils nécessitent pour être utilisés un adaptateur d'impédance (un transistor à effet de champ par exemple).
Ces microphones sont souvent intégrés dans des enregistreurs de cassettes et des appareils de transmission radio (talkie-walkie par exemple). Leur distorsion assez importante en limite toutefois les applications.

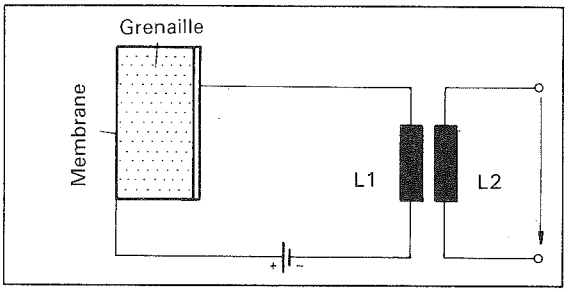

Fig. 2: Microphone à grenaille

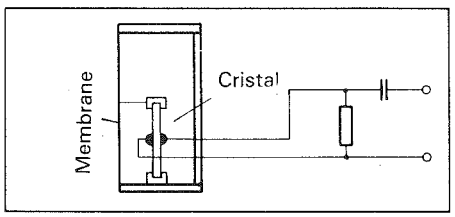

Fig. 3: Microphone piézo-électrique

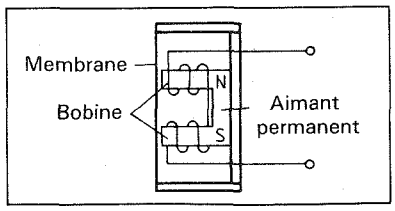

Fig. 4: Microphone électromagnétique

Microphone électromagnétique (Fig. 4)

La membrane reliée à un élément magnétique est placée à une distance convenable d'un aimant permanent. La vibration de la membrane provoque une modification du champ magnétique, ce qui induit dans la bobine enroulée autour de l'aimant permanent une tension.
Ces microphones ont une bande passante et un taux de distorsion relativement faible. Leur résistance interne dépend de la valeur de la bobine, mais elle est de l'ordre du kilohm.

Microphone à bobine mobile (microphone électrodynamique) (Fig. 5)

La membrane est rendue solidaire d'une bobine qui se trouve dans le champ magnétique d'un aimant permanent. Quand la membrane vibre, la tension induite dans la bobine se modifie en fonction de la vibration.
La résistance interne de ces microphones est variable (de l'ordre de 200 ohms) et peut être modifiée par l'addition d'un transformateur d'impédance.

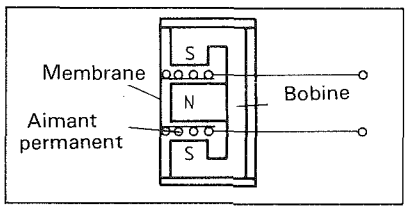

Fig. 5: Microphone à bobine mobile (microphone électrodynamique)

Ils ont une bonne bande passante et un rapport de distorsion assez faible.

Microphone à ruban (Fig. 6)

Le microphone à ruban fonctionne comme le microphone à bobine mobile, suivant le principe électrodynamique. Une feuille d'aluminium très mince sert de membrane et de conducteur. Le son la déplace dans le champ magnétique d'un aimant permanent, ce qui induit dans la feuille d'aluminium une petite tension.

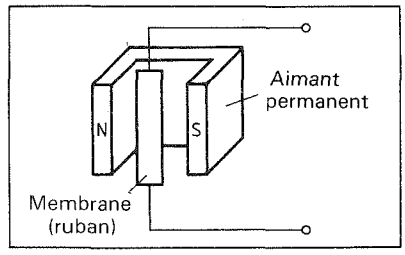

Fig. 6: Microphone à ruban

La très faible résistance interne (de l'ordre de 0,1 ohm) peut être compensée par l'addition d'un adaptateur d'impédance.
La très faible masse de la partie mobile (fine bande d'aluminium) constitue une excellente caractéristique de sensibilité, utilisée notamment pour l'enregistrement de sons de très faible intensité.

Microphone capacitif (microphone électrostatique) (Fig. 7)

La membrane de ce microphone est réalisée dans un matériau conducteur et placée à une distance donnée d'une électrode. Si l'on établit une tension continue aux bornes de ce montage, il se crée entre les électrodes un champ électrique, le montage se comportant

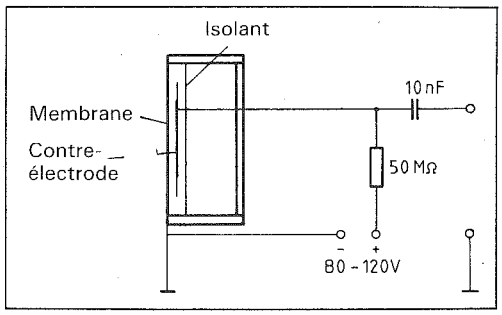

Fig. 7 : Microphone capacitif (microphone électrostatique)

comme un condensateur. Quand le son fait bouger la membrane, la valeur du condensateur est modifiée ainsi que le courant dans le montage. En utilisant ce microphone comme un condensateur variable en liaison avec une inductance dans un oscillateur, on constitue un montage dont la fréquence d'oscillation est liée au son (la variation du son modifiant la fréquence propre du montage oscillant). Ce mode de fonctionnement est typique d'une modulation de fréquence ; pour pouvoir attaquer un amplificateur classique, il faudra donc au préalable démoduler le signal électrique dans un étage prévu à cet effet (Fig. 8). Ce type de microphone a d'excellentes caractéristiques et n'est utilisé que pour des prises de son de très haute qualité.

Microphone à électret (Fig. 9)

Ce microphone fonctionne suivant le même principe que le microphone capacitif classique de la figure 7. La différence réside dans le fait qu'entre les électrodes a été déposé un produit qu'on appelle électret. Ce matériau synthétique a la propriété de produire un champ électrique sans source de tension externe (comme un aimant permanent crée un champ magnétique).
Cette propriété explique l'absence de tension d'alimentation (assez élevée d'ailleurs) indispensable au microphone capacitif. La très haute impédance capacitive de ce microphone rend indispensable l'utilisation d'un adaptateur d'impédance.

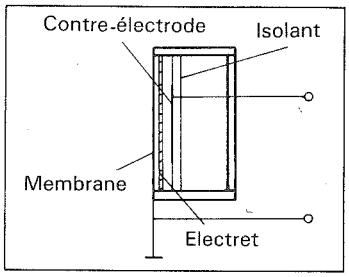

Fig. 9 : Microphone à électret.

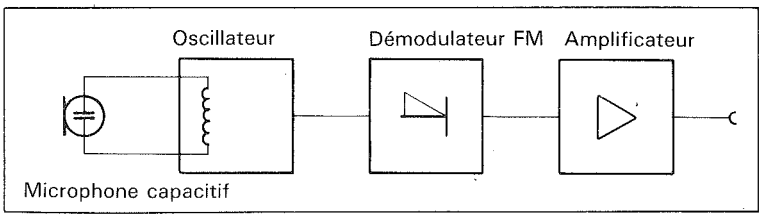

Fig. 8 : Montage associé à un microphone capacitif